

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

D4

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10145245 A

(43) Date of publication of application: 29 . 05 . 98

(51) Int. Cl
H03M 13/12
H04B 7/26
H04J 13/00

(21) Application number: 08312594

(71) Applicant: YRP IDO TSUSHIN KIBAN
GIJUTSU KENKYUSHO:KK

(22) Date of filing: 11 . 11 . 96

(72) Inventor: IWAKIRI NAOHIKO

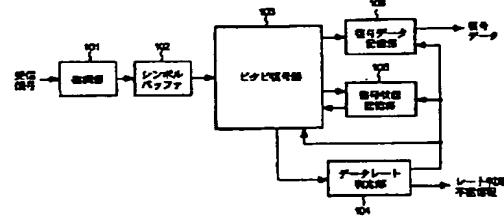
(54) VARIABLE DATA RATE COMMUNICATION
DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform Viterbi coding and rate decision, even when high speed variable data rate transmission is carried out.

SOLUTION: A Viterbi decoder 103 decodes all the transmitted data rates that are possible in each frame to a rate decision bit number that has been preliminarily set in each data rate, stores the decoding state and decoding data about each data rate and outputs a rate decision parameter to a data rate deciding part 104, and the part 104 performs rate decision based on the rate decision parameter. Then, each part is set to the decoding state of a decided data rate, and data after the rate decision bit number is decoded only with the data rate.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-145245

(43)公開日 平成10年(1998)5月29日

(51)Int.Cl.⁶
H 03 M 13/12
H 04 B 7/26
H 04 J 13/00

識別記号

F I
H 03 M 13/12
H 04 B 7/26
H 04 J 13/00

Z
A

審査請求 有 請求項の数 8 FD (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平8-312594

(22)出願日 平成8年(1996)11月11日

特許法第30条第1項適用申請有り 1996年8月30日 社
団法人電子情報通信学会発行の「1996年電子情報通信学
会通信ソサイエティ大会講演論文集1」に発表

(71)出願人 395022546

株式会社ワイ・アール・ピー移動通信基盤
技術研究所
神奈川県横須賀市光の丘3番4号

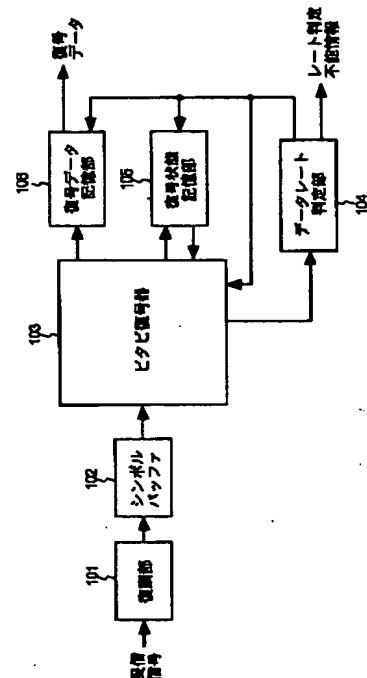
(72)発明者 岩切 直彦
神奈川県横浜市神奈川区新浦島町一丁目1
番地32株式会社ワイ・アール・ピー移動通
信基盤技術研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 英生 (外1名)

(54)【発明の名称】 可変データレート通信装置

(57)【要約】

【課題】高速の可変データレート伝送を行ってもビタビ
復号およびレート判定できるようにする。
【解決手段】送信された可能性のある全てのデータレー
トについてフレーム毎にそれぞれのデータレートで予め
設定されたレート判定ビット数までビタビ復号器103
で復号を行い、それぞれのデータレートについて復号状
態と復号データを記憶してレート判定パラメータをデ
ータレート判定部104に出力し、レート判定パラメータ
に基づいてレート判定を行う。ついで、判定されたデ
ータレートの復号状態に各部が設定され、そのデータレー
トのみでレート判定ビット数以降のデータについて復号
を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 予め決められた送信可能な複数種類のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレートが選択され、選択された該データレートのデータが畳み込み符号化されて送信された送信信号を受信して復号する場合に、

送信された可能性のある全てのデータレートについて、レート判定を行うレート判定ビット数を設定すると共に、それぞれのレート判定閾値の設定を行う設定手段と、

送信可能なデータレート毎に前記設定手段で設定されたレート判定ビット数までのビタビ復号を行うことにより、前記データレート毎のレート判定情報を生成するレート判定情報生成手段と、

前記生成されたレート判定情報と前記レート判定閾値とを比較することにより、最も送信された可能性の高いデータレートを決定するレート判定手段とを備え、

該レート判定手段により決定されたデータレートに基づいて、前記レート判定ビット数以降のフレームのデータをビタビ復号するようにしたことを特徴とする可変データレート通信装置。

【請求項2】 予め決められた送信可能な複数種類のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレートが選択され、選択された該データレートのデータが畳み込み符号化されて送信された送信信号を受信して復号する場合に、

送信された可能性のある全てのデータレートについて、フレーム毎に複数回のレート判定を行うレート判定ビット数を設定すると共に、それぞれのレート判定閾値の設定を行う設定手段と、

送信可能なデータレート毎に前記設定手段で設定されたレート判定ビット数までのビタビ復号を行うことにより、前記データレート毎のレート判定情報を生成するレート判定情報生成手段と、

前記生成されたレート判定情報と前記レート判定閾値とを比較することにより、送信された可能性の高いデータレートを決定するレート判定手段とを備え、

該レート判定手段は、前記レート判定情報と前記設定手段で設定された前記レート判定閾値とを比較して、送信された可能性があるデータレートを判定し、該当するデータレートが複数存在する場合、以降の復号は該当する複数のデータレートに関して復号を行い、前記レート判定手段で判定されるデータレートが1つになるまで前記設定されたレート判定ビット数で順次レート判定を行うようにしたことを特徴とする可変データレート通信装置。

【請求項3】 前記レート判定情報が、ビタビ復号された復号データを再符号化し、受信されたデータと比較して得られるシンボル誤り数、および、最尤パスのパスメトリック量とされていることを特徴とする請求項1ある

いは2記載の可変データレート通信装置。

【請求項4】 送信された可能性のある全てのデータレートについて、フレーム毎に復調信号電力、レート判定パラメータの履歴から回線品質を推定する回線品質推定手段を備え、

該回線品質推定手段により回線品質が良いと推定された場合、前記設定手段で設定される前記レート判定閾値を、送信された可能性が高いと判定されるデータレート候補数が少なくなるように設定し、

該回線品質推定手段により回線品質が悪いと推定された場合、前記設定手段で設定される前記レート判定閾値を送信された可能性が高いと判定されるデータレート候補数が多くなるように設定することを特徴とする請求項1あるいは2記載の可変データレート通信装置。

【請求項5】 送信された可能性のある全てのデータレートについて、フレーム毎に復調信号電力、レート判定パラメータの履歴から回線品質を推定する回線品質推定手段を備え、

該回線品質推定手段により回線品質が良いと推定された場合、前記設定手段で設定される前記レート判定ビット数を少なくなるように設定してレート判定を行い、

該回線品質推定手段により回線品質が悪いと推定された場合、前記設定手段で設定されるレート判定ビット数を多くなるように設定してレート判定を行うことを特徴とする請求項1あるいは2記載の可変データレート通信装置。

【請求項6】 前記レート判定パラメータと前記レート判定閾値を比較して送信された可能性があるデータレートの判定が不能と前記レート判定手段が判定した場合は、以降の復号を行なわず、レート判定不能情報を出力することを特徴とする請求項1あるいは2記載の可変データレート通信装置。

【請求項7】 予め決められた送信可能な複数のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレートを設定し、設定されたデータレートに基づいてフレームデータの割り当てを行う割り当て手段と、

上記データレートに基づいてフレームデータの畳み込み符号化を行う畳み込み

符号化手段と、該畳み込み符号化手段より出力される符号化データに上記データレートに基づいてシンボル消失あるいはシンボル分割を行うことにより変調シンボルを生成する変調シンボル生成手段と、

該変調シンボル生成手段から出力される変調シンボルの変調を行う変調手段とからなる送信手段と、

上記変調シンボルを復調して復調シンボルを得るようにした復調手段と、

該復調手段から出力される復調シンボルを、送信可能な全てのデータレートについて、データレートと復号データ数を適応的に設定してビタビ・アルゴリズムによるビタビ復号を行うビタビ復号手段と、

最尤パスのパスメトリック量、パスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報等の上記ビタビ復号手段における復号状態と復号データを記憶する記憶手段と、

ビタビ復号された復号データを再符号化し、前記復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数及び最尤パスのパスメトリック量等のレート判定パラメータを出力し、該レート判定パラメータに基づいて送信された可能性の高いデータレートを判定するレート判定手段と、判定されたデータレートの復号データを出力する出力手段とを備え、

前記ビタビ復号手段は、送信された可能性のある全てのデータレートについてフレーム毎にそれぞれのデータレートについて予め設定されたレート判定ビット数まで復号を行い、前記記憶手段は、それぞれのデータレートについて、前記復号状態と前記復号データを記憶し、前記レート判定手段は、前記レート判定パラメータとレート判定閾値を比較して全てのデータレートのレート判定パラメータの中から最も送信された可能性の高いデータレートを判定し、判定されたデータレートについて前記記憶手段に記憶されている復号状態を読み出してレート判定ビット数以降のデータについて復号を行い、1フレーム分のフレームデータの復号終了後、該当するデータレートの前記記憶手段に記憶されているレート判定前の復号データと、レート判定後の復号データを合わせて1フレーム分の復号データとして出力する受信手段と、を備えることを特徴とする可変データレート通信装置。

【請求項8】 予め決められた送信可能な複数のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレートを設定し、設定されたデータレートに基づいてフレームデータの割り当てを行う割り当て手段と、

上記データレートに基づいてフレームデータの畳み込み符号化を行う畳み込み符号化手段と、

該畳み込み符号化手段より出力される符号化データに上記データレートに基づいてシンボル消失あるいはシンボル分割を行うことにより変調シンボルを生成する変調シンボル生成手段と、

該変調シンボル生成手段から出力される変調シンボルの変調を行う変調手段とからなる送信手段と、

上記変調シンボルを復調して復調シンボルを得るようにした復調手段と、

該復調手段から出力される復調シンボルを、送信可能な全てのデータレートについて、データレートと復号データ数を適応的に設定してビタビ・アルゴリズムによるビタビ復号を行うビタビ復号手段と、

最尤パスのパスメトリック量、パスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報等の上記ビタビ復号手段における復号状態と復号データを記憶する記憶手段と、

ビタビ復号された復号データを再符号化し、前記復調シ

ンボルと比較して得られるシンボル誤り数及び最尤パスのパスメトリック量等のレート判定パラメータを出力し、該レート判定パラメータに基づいて送信された可能性の高いデータレートを判定するレート判定手段と、判定されたデータレートの復号データを出力する出力手段とを備え、前記ビタビ復号手段は、送信された可能性のある全てのデータレートについてフレーム毎にそれぞれのデータレートについて予め設定されたレート判定ビット数まで復号を行い、前記記憶手段は、それぞれのデータレートについて、前記復号状態と前記復号データを記憶し、前記レート判定手段は、前記レート判定パラメータとレート判定閾値を比較して全てのデータレートのレート判定パラメータの中から送信された可能性があるデータレートを判定し、該当するデータレートが複数存在する場合、以降の復号は該当する複数のデータレートについて復号を行い、前記レート判定手段で判定されるデータレートが1つになるまで前記設定されたレート判定ビット数で順次レート判定を行うようにし、判定されたデータレートについて前記記憶手段に記憶されている復号状態を読み出してレート判定ビット数以降のデータについて復号を行い、1フレーム分のフレームデータの復号終了後、該当するデータレートの前記記憶手段に記憶されているレート判定前の復号データと、レート判定後の復号データを合わせて1フレーム分の復号データとして出力する受信手段と、を備えることを特徴とする可変データレート通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、予め決められた送信可能な複数のデータレートのうち、フレーム毎に選択されたデータレートで通信を行うことのできる可変データレート通信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、可変データレート伝送を行うには、一般的に何らかの方法で受信側に送信するデータのデータレート情報を知らせることが行われている。また、移動通信の分野においては、可変データレート伝送を行う場合に、受信側に送信するデータのデータレートを知らせない伝送方法も知られている。たとえば、移動通信の分野におけるDS (Direct Sequence) 方式のスペクトル拡散を利用したCDMAセルラー電話システムとして米国で標準化されたIS-95では、通話チャンネルについてフレーム毎の音声符号化時に8 kbps、4 kbps、2 kbps、1 kbpsの4つのデータレートの中から音声エネルギーの強さに応じて20msのフレーム毎に所定のデータレートを選択し、選択されたデータレートの情報を受信側に知らせることなく送信する。受信側では、8 kbps、4 kbpsのフレームに付加されたCRCとフレーム毎に畳み込み符号化さ

れたシンボルをビタビ復号する際、得られる情報を基に復調されたシンボルについて4つのデータレートのうち最も送信された可能性の高いデータレートを選択する。そして、該当するデータレートの復号データを出力するといった可変データレート伝送が行われている。このような伝送方法では、データレート情報を受信側に送らなくてよいことから伝送レートの向上、制御の簡略化を図ることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したCDMAセルラー電話システムでは、音声データを送ることから1チャンネル当たりのデータレートが低く、そのデータレートの1000倍程度の速度をもつマスター・クロックを使用して、受信側においてフレーム毎に送信された可能性がある4つのレートについてすべてのデータの復号を行った後、レート判定を行うようにしても単一のビタビ復号器で処理することができる。しかしながら、移動通信の分野では、音声や低速データ伝送を主体としたサービス以外に、高速データ伝送を行うサービスが検討されており、特に移動通信の場合では、データレートを高速とすることができる装置の実現性、消費電力の面から、マスター・クロックのレートはなるべく低いことが望まれている。

【0004】マスター・クロックのレートを低くすると、1チャンネル当たりのデータレートが100kbps以上となった場合に、マスタークロックとデータレートとの比を1000倍程度とすることは難しくなる。そうすると、送信された可能性のある全てのデータレートについて、受信側において単一のビタビ復号器により全てのデータの復号およびレート判定を行うことは、信号処理量が増加することから通信装置の構成が高速化・複雑化され、その実現性が難しくなるという問題点があつた。

【0005】そこで、本発明は上述の実情に鑑み、データレート情報を受信側に知らせることなく送信した信号を、受信側のビタビ復号器で最も送信された可能性の高いデータレートを選択して復号するようにした可変データレート伝送において、送信データを高速のデータレートとすることのできる可変データレート通信装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係る可変データレート通信装置は、予め決められた送信可能な複数種類のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレートが選択され、選択された該データレートのデータが疊み込み符号化されて送信された送信信号を受信して復号する場合に、送信された可能性のある全てのデータレートについて、レート判定を行うレート判定ビット数を設定すると共に、それぞれのレート判定閾値の設定を行う設定手段と、送信可能なデータレート毎に前記設定手段で設定されたレート判定ビット数までのビタビ復号を行うことにより、前記データレート毎のレート判定情報を生成するレート判定情報生成手段と、前記生成されたレート判定情報と前記レート判定閾値とを比較することにより、最も送信された可能性の高いデータレートを決定するレート判定手段とを備え、該レート判定手段により決定されたデータレートに基づいて、前記レート判定ビット数以降のフレームのデータをビタビ復号するようにしている。

【0007】さらに、本発明に係る他の可変データレート通信装置は、予め決められた送信可能な複数種類のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレートが選択され、選択された該データレートのデータが疊み込み符号化されて送信された送信信号を受信して復号する場合に、送信された可能性のある全てのデータレートについて、フレーム毎に複数回のレート判定を行うレート判定ビット数を設定すると共に、それぞれのレート判定閾値の設定を行う設定手段と、送信可能なデータレート毎に前記設定手段で設定されたレート判定ビット数までのビタビ復号を行うことにより、前記データレート毎のレート判定情報を生成するレート判定情報生成手段と、前記生成されたレート判定情報と前記レート判定閾値とを比較することにより、送信された可能性の高いデータレートを決定するレート判定手段とを備え、該レート判定手段は、前記レート判定情報と前記設定手段で設定された前記レート判定閾値とを比較して、送信された可能性があるデータレートを判定し、該当するデータレートが複数存在する場合、以降の復号は該当する複数のデータレートについて復号を行い、前記レート判定手段で判定されるデータレートが1つになるまで前記設定されたレート判定ビット数で順次レート判定を行うようにしている。

【0008】また、前記可変データレート通信装置において、前記レート判定情報が、ビタビ復号された復号データを再符号化し、受信されたデータと比較して得られるシンボル誤り数、および、最尤パスのパスメトリック量とされている。

【0009】さらにまた、送信された可能性のある全てのデータレートについて、フレーム毎に復調信号電力、レート判定パラメータの履歴から回線品質を推定する回線品質推定手段を備え、該回線品質推定手段により回線品質が良いと推定された場合、前記設定手段で設定される前記レート判定閾値を、送信された可能性が高いと判定されるデータレート候補数が少なくなるように設定し、該回線品質推定手段により回線品質が悪いと推定された場合、前記設定手段で設定される前記レート判定閾値を送信された可能性が高いと判定されるデータレート候補数が多くなるように設定するようにしてもよい。この場合、レート判定閾値に変えてレート判定ビット数の設定を変更するようにしてもよい。

【0010】さらにまた、前記レート判定パラメータと前記レート判定閾値を比較して送信された可能性があるデータレートの判定が不能と前記レート判定手段が判定した場合は、以降の復号を行わなわず、レート判定不能情報を出力するようにしてよい。

【0011】さらにまた、本発明にかかるさらに他の可変データレート通信装置は、予め決められた送信可能な複数のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレートを設定し、設定されたデータレートに基づいてフレームデータの割り当てを行う割り当て手段と、上記データレートに基づいてフレームデータの疊み込み符号化を行う疊み込み符号化手段と、該疊み込み符号化手段より出力される符号化データに上記データレートに基づいてシンボル消失あるいはシンボル分割を行うことにより変調シンボルを生成する変調シンボル生成手段と、該変調シンボル生成手段から出力される変調シンボルの変調を行う変調手段とからなる送信手段と、上記変調シンボルを復調して復調シンボルを得るようにした復調手段と、該復調手段から出力される復調シンボルを、送信可能な全てのデータレートについて、データレートと復号データ数を適応的に設定してビタビ・アルゴリズムによるビタビ復号を行うビタビ復号手段と、最尤パスのバスメトリック量、バスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報等の上記ビタビ復号手段における復号状態と復号データを記憶する記憶手段と、ビタビ復号された復号データを再符号化し、前記復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数及び最尤パスのバスメトリック量等のレート判定パラメータを出力し、該レート判定パラメータに基づいて送信された可能性の高いデータレートを判定するレート判定手段と、判定されたデータレートの復号データを出力する出力手段とを備え、前記ビタビ復号手段は、送信された可能性のある全てのデータレートについてフレーム毎にそれぞれのデータレートについて予め設定されたレート判定ビット数まで復号を行い、前記記憶手段は、それぞれのデータレートについて、前記復号状態と前記復号データを記憶し、前記レート判定手段は、前記レート判定パラメータとレート判定閾値を比較して全てのデータレートのレート判定パラメータの中から最も送信された可能性の高いデータレートを判定し、判定されたデータレートについて前記記憶手段に記憶されている復号状態を読み出してレート判定ビット数以降のデータについて復号を行い、1フレーム分のフレームデータの復号終了後、該当するデータレートの前記記憶手段に記憶されているレート判定前の復号データと、レート判定後の復号データを合わせて1フレーム分の復号データとして出力する受信手段と、を備えている。

【0012】さらにまた、本発明にかかるさらに他の可変データレート通信装置は、予め決められた送信可能な複数のデータレートのうちフレーム毎に1つのデータレ

ートを設定し、設定されたデータレートに基づいてフレームデータの割り当てを行う割り当て手段と、上記データレートに基づいてフレームデータの疊み込み符号化を行う疊み込み符号化手段と、該疊み込み符号化手段より出力される符号化データに上記データレートに基づいてシンボル消失あるいはシンボル分割を行うことにより変調シンボルを生成する変調シンボル生成手段と、該変調シンボル生成手段から出力される変調シンボルの変調を行う変調手段とからなる送信手段と、上記変調シンボルを復調して復調シンボルを得るようにした復調手段と、該復調手段から出力される復調シンボルを、送信可能な全てのデータレートについて、データレートと復号データ数を適応的に設定してビタビ・アルゴリズムによるビタビ復号を行うビタビ復号手段と、最尤パスのバスメトリック量、バスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報等の上記ビタビ復号手段における復号状態と復号データを記憶する記憶手段と、ビタビ復号された復号データを再符号化し、前記復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数及び最尤パスのバスメトリック量等のレート判定パラメータを出力し、該レート判定パラメータに基づいて送信された可能性の高いデータレートを判定するレート判定手段と、判定されたデータレートの復号データを出力する出力手段とを備え、前記ビタビ復号手段は、送信された可能性のある全てのデータレートについてフレーム毎にそれぞれのデータレートについて予め設定されたレート判定ビット数まで復号を行い、前記記憶手段は、それぞれのデータレートについて、前記復号状態と前記復号データを記憶し、前記レート判定手段は、前記レート判定パラメータとレート判定閾値を比較して全てのデータレートのレート判定パラメータの中から送信された可能性があるデータレートを判定し、該当するデータレートが複数存在する場合、以降の復号は該当する複数のデータレートについて復号を行い、前記レート判定手段で判定されるデータレートが1つになるまで前記設定されたレート判定ビット数で順次レート判定を行うようにし、判定されたデータレートについて前記記憶手段に記憶されている復号状態を読み出してレート判定ビット数以降のデータについて復号を行い、1フレーム分のフレームデータの復号終了後、該当するデータレートの前記記憶手段に記憶されているレート判定前の復号データと、レート判定後の復号データを合わせて1フレーム分の復号データとして出力する受信手段と、を備えている。

【0013】このような本発明の可変データレート通信装置によれば、回線品質のよい通信チャンネルではフレーム毎にレート判定ビット数を少なくして1回のレート判定で送信可能なすべてのデータレートの中から送信された可能性の最も高いデータレートを判定し、判定後は1つのデータレートでのみ復号を行うことにより信号処理量を大幅に軽減することができるようになる。従つ

て、高速のデータレートによる通信を可能とすることができる。また、本発明の可変データレート通信装置は、フェージングチャネルのように回線品質が変動する通信チャネルでは回線品質に応じてレート判定ビット数あるいはレート判定閾値を適応的に変えることができるため、通信品質を保持しながら信号処理量を軽減することができるようになる。また、本発明の可変データレート通信装置は、レート判定不能の判定ができることからレート判定不能の場合、以降の復号を行わなはず、レート判定不能情報を出力することにより信号処理量を軽減することができるようになる。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の可変データレート通信装置の実施の形態の一例では、可変データレート通信装置は送信機と受信機とから構成される。そして、送信機は疊み込み符号器とパンクチャド符号器とを備えており、受信機はビタビ復号器を備えている。そこで、まず、疊み込み符号器とビタビ復調器、及びパンクチャド符号器の原理的な構成について説明することとする。図1(a)は疊み込み符号器の構成の一例を示す回路ブロック図であり、この疊み込み符号器は、符号化率 $r = 1/2$ 、拘束長 $K = 3$ とされている。また、同図(b)は同図(a)に示す疊み込み符号器における2進系列の入力ビット D_n と、出力である符号シンボル Y_nZ_n と、疊み込み符号器の状態SR1SR2との関係を示す図表である。

【0015】図1(a)に示す疊み込み符号器は、3段のシフトレジスタSR1, SR2, SR3とモジュロ2($\text{mod}2$)の3つの加算器ADD1, ADD2, ADD3とからなる。入力ビット D_n は初段のシフトレジスタSR1に入力され、基準クロック毎に最終段のシフトレジスタSR3に向かってシフトされていく。加算器ADD1はシフトレジスタSR1とシフトレジスタSR2の出力のmod2の加算を行っており、加算器ADD2は加算器ADD1の出力とシフトレジスタSR3の出力のmod2の加算を行って第1の符号シンボル Y_n を生成しており、加算器ADD3はシフトレジスタSR1とシフトレジスタSR3の出力とのmod2の加算を行って第2の符号シンボル Z_n を生成している。なお、疊み込み符号器から出力される1ビットの入力ビット D_n に対する符号シンボルは、第1の符号シンボル Y_n と第2の符号シンボル Z_n とを組み合わせた2シンボルとされる。

【0016】この疊み込み符号器において、初期状態として3段のシフトレジスタSR1, SR2, SR3の内容がオール「0」であるとする。このとき、図1(b)に示すように入力ビット D_n として「0」が入力されると、同図(b)に示すように符号シンボル Y_nZ_n として「00」が生成されて出力される。ついで、入力ビット D_n として「1」が入力されると、符号シンボル Y_nZ_n として「11」が生成されて出力される。このように、1ビットの入力に対して2シンボルの符号シンボルが出力される場合を、符号化率 $r = 1/2$ という。以降入力される入力

ビット D_n の系列が、図1(b)に示すように「00110100100010001011」とされると、符号シンボル Y_nZ_n は「10111101010010001011」となる。

【0017】このとき、初段のシフトレジスタSR1と2段目のシフトレジスタSR2との状態SR1SR2が「00」の場合は、新たな入力ビット D_n が入力されたときに状態「00」($D_n=0$)のままか、あるいは状態「11」($D_n=1$)に遷移し、状態「01」あるいは状態「10」に遷移することはない。また、状態SR1SR2が「01」の場合は、新たな入力ビット D_n が入力されたときに状態「00」($D_n=0$)、あるいは、「10」($D_n=1$)の状態に遷移し、状態「01」のままか、あるいは状態「11」に遷移することはない。さらに、状態SR1SR2が「10」の場合は、新たな入力ビット D_n が入力されたときに状態「01」($D_n=0$)、あるいは、状態「11」($D_n=1$)に遷移し、状態「10」のままか、あるいは状態「00」に遷移することはない。さらにまた、状態SR1SR2が「11」の場合は、新たな入力ビット D_n が入力されたときに状態「01」($D_n=0$)に遷移するか、あるいは、状態「11」($D_n=1$)のままとなり、状態「00」あるいは状態「10」に遷移することはない。

【0018】このように、各状態SR1SR2から次の入力ビット D_n が入力されたときに遷移できる状態SR1SR2は2つであり、この遷移様を表した図が図1(c)に示す遷移図となる。この図において、破線の矢印線は入力ビット D_n が「0」の場合に遷移する状態を示しており、実線の矢印線は入力ビット D_n が「1」の場合に遷移する状態を示している。また、破線の矢印線および実線の矢印線に付加された2ビットの信号は、状態が遷移するときに出力される符号シンボルを示している。前記した図1(a)に示す疊み込み符号器の動作を示す他の方法として、図2に示すトレリス線図が知られている。このトレリス線図は、前記図1(b)の図表、あるいは図1(c)の遷移図と同じ内容を示している。

【0019】図2に示すトレリス線図では、縦軸が状態S0から状態S3を示しており、横軸が時刻 t_1, t_2, t_3, \dots を示している。なお、図1における状態SR1SR2が「00」の場合を状態S0、状態SR1SR2が「10」の場合を状態S1、状態SR1SR2が「01」の場合を状態S2、状態SR1SR2が「11」の場合を状態S3として示している。また、破線で示すパスは入力ビット D_n が「0」時のパスであり、実線で示すパスは入力 D_n が「1」時のパスである。

【0020】このトレリス線図を用いて状態の遷移を説明すると、初期状態において、疊み込み符号器の全シフトレジスタがリセットされて、状態S0であったとする。そして、時刻 t_1 にて入力ビット D_n が入力されると、状態S0(符号シンボル「00」)か、状態S1

(符号シンボル「11」)のいずれかに遷移する。ついで、時刻 t_2 にて入力ビット D_n が入力されると、状態 S_0 の場合は、状態 S_0 (符号シンボル「00」) か、状態 S_1 (符号シンボル「11」) のいずれかに遷移し、状態「10」の場合は、状態 S_2 (符号シンボル「10」) か、状態 S_3 (符号シンボル「01」) のいずれかに遷移する。すなわち、時刻 t_2 では 4 つの状態のいずれかの状態を取り得るようになる。

【0021】そして、時刻 t_3 にて入力ビット D_n が入力されると、状態 S_0 の場合は、状態 S_0 (符号シンボル「00」) か、状態 S_1 (符号シンボル「11」) のいずれかに遷移し、状態 S_1 の場合は、状態 S_2 (符号シンボル「10」) か、状態 S_3 (符号シンボル「01」) のいずれかに遷移する。また、状態 S_2 の場合は、状態 S_0 (符号シンボル「11」) か、状態 S_1 (符号シンボル「00」) のいずれかに遷移し、状態 S_3 の場合は、状態 S_2 (符号シンボル「01」) か、状態 S_3 (符号シンボル「10」) に遷移する。以降の時刻 t_4, t_5, \dots では、時刻 t_3 と同様の状態の遷移が行われるようになる。このようにして、1 ビットの入力ビット D_n に対応して、2 シンボルの符号シンボルが得られる符号化率 $r = 1/2$ の畳み込み符号化が行われるようになる。

【0022】このようにして畳み込み符号化された符号シンボルは、変調されて送信機から送信されるようになる。受信機においては、送信された信号を受信して受信データの判定を行う。この判定には硬判定と軟判定との 2 種類がある。硬判定の場合は、検波出力レベルが 0 より大きいと「1」、0 より小さいと「0」と 2 つの量子化レベルで判定する。このため、硬判定では確率密度関数の裾の広がり部分で誤り判定が発生する欠点を有している。

【0023】これに対して軟判定は、硬判定の欠点を補う判定方法であり、その構成を図 3 (a) に示す。軟判定では、受信データは A/D 変換器に入力されて N ビット量子化される。このビット数 N は 3 ビット程度あれば復号時に良好な特性を得ることができる。そこで、3 ビット量子化、すなわち 8 レベルで量子化した場合を同図 (b) (c) により説明する。図 3 (b) に示すように、信号「-1」と信号「1」とのレベル差間を 8 等分する。このときの 1 量子化レベル幅は T となり、中央のレベルが「0」となる。そして、信号「1」に対するメトリックと、信号「0」に対するメトリックの図表を図 3 (c) に示す。

【0024】この図表において、たとえば同図 (b) に示すようなレベルの信号 a が受信された場合は、信号 a を符号「1」とする場合のメトリックは 3 となり、信号 a を符号「0」とする場合のメトリックは -3 となる。また、たとえば同図 (b) に示すように信号 b が受信された場合は、信号 b を符号「1」とする場合の

メトリックは -1 となり、信号 b を符号「0」とする場合のメトリックは 1 となる。このようにして各パスのメトリックが判定されるが、このメトリックは畳み込み符号を復号する最尤復号時に利用されて最適の復号化が行われるようになる。

【0025】この最尤復号法では、判定に先立って受信系列を送信された可能性のあるすべての系列と比較し、最尤値を示す系列を選択し受信信号と比較する。このような最尤復号法を実現した復号器がビタビ復号器である。ビタビ復号器の復号アルゴリズムを図 4 に示すトレリス線図を参照して説明するが、ここでは説明の都合上硬判定を行った受信系列とされている。なお、図 4 に示すトレリス線図は、図 1 に示す畳み込み符号器で符号化された符号シンボルを復号する際のトレリス線図であり、図 2 に示す畳み込み符号器のトレリス線図と同一とされている。

【0026】ここで仮に、送信された符号シンボルが「00, 00, 00, 00, 00」であったとし、伝送路において影響を受けて誤りが発生し、硬判定後の受信系列が「01, 00, 10, 00, 00」であったとする。時刻 t_1 において受信系列「01」がビタビ復号器に入力されるが、初期状態 S_0 から遷移できる状態は状態 S_0 と状態 S_1 の 2 つであり、それぞれの状態へ遷移することを想定して、遷移するパスの一致度をみる。一致度は、遷移する状態へのパスの符号語と受信系列符号が同符号の場合「1」、異符号の場合「0」として演算する。たとえば、状態 S_0 へ遷移すると想定すると、状態 S_0 へのパスの符号語「00」と受信系列の符号との一致が演算される。この場合、1 シンボルだけ一致するので一致度は「1」となり、時刻 t_1 の状態 S_0 の上に「1」を付記して一致度を示している。また状態 S_0 から状態 S_1 へ遷移すると想定すると、状態 S_1 へのパスの符号語「11」と受信系列の符号「01」との一致がとられ、その一致度は「1」となる。

【0027】このとき、演算された状態 S_0 の一致度と、状態 S_1 の一致度はともに「1」となり、この値が時刻 t_1 における状態 S_0 、状態 S_1 の累積メトリック量となる。ついで、時刻 t_2 にて受信系列「00」が入力され、取り得る 4 つの状態の累積メトリック量が求められる。時刻 t_2 における状態 S_0 の累積メトリック量は、一致度「2」が加算されて累積メトリック量「3」が得られる。また、時刻 t_2 における状態 S_1 の累積メトリック量は、一致度が「0」となるため累積メトリック量「1」が維持される。さらに、時刻 t_2 における状態 S_2 の累積メトリック量は、一致度「1」が加算されて累積メトリック量「2」が得られ、同様に状態 S_3 の累積メトリック量は、一致度「1」が加算されて累積メトリック量「2」が得られる。

【0028】続いて、時刻 t_3 にて受信系列「10」が入力され、取り得る 4 つの状態の累積メトリック量が求

められる。時刻 t_3 における状態 S_0 の累積メトリック量は、一致度「1」が加算されて累積メトリック量「4」が得られる。また、時刻 t_3 における状態 S_1 の累積メトリック量は、状態 S_0 から遷移する場合は一致度「1」が加算されて累積メトリック量「4」が得られ、状態 S_2 から遷移する場合は一致度「1」が加算されて、累積メトリック量「3」が得られる。このとき、累積メトリック量が小さいパスの場合は、そのパスが正しい可能性が低いことになるので、図示するようにメトリック量「3」のパスは切り捨てられメトリック量「4」の高いパスが生き残るようにされる。

【0029】さらに、時刻 t_3 における状態 S_2 の累積メトリック量は、状態 S_1 から遷移する場合は一致度「2」が加算されて累積メトリック量「3」が得られ、状態 S_3 から遷移する場合は一致度が「0」とされて累積メトリック量「2」となる。従って、図示するように累積メトリック量「2」のパスは捨てられ、累積メトリック量「3」のパスが生き残るようになる。同様に状態 S_3 の累積メトリック量は、状態 S_1 から遷移する場合は一致度が「0」となり累積メトリック量は「1」となり、状態 S_3 から遷移する場合は一致度「2」が加算されて累積メトリック量「3」が得られる。従って、図示するように累積メトリック量「1」のパスは捨てられ、累積メトリック量「3」のパスが生き残るようになる。

【0030】時刻 t_4 では受信系列「00」が入力されて、時刻 t_3 と同様の操作が行われて、時刻 t_4 における状態 S_0 の累積メトリック量は「6」、状態 S_1 の累積メトリック量は「5」、状態 S_2 の累積メトリック量は「5」、状態 S_3 の累積メトリック量は「5」となる。また、累積メトリック量の小さいパスは捨てられる。さらに、時刻 t_5 では受信系列「00」が入力されて、時刻 t_3 と同様の操作が行われて、時刻 t_5 における状態 S_0 の累積メトリック量は「8」、状態 S_1 の累積メトリック量は「7」、状態 S_2 の累積メトリック量は「6」、状態 S_3 の累積メトリック量は「6」となる。この場合も、累積メトリック量の小さいパスは捨てられる。

【0031】このように、本来送られたパスの軌跡を示す累積メトリック量は、他の状態の累積メトリック量に比して最大の累積メトリック量となる。そして、最大の累積メトリック量を有する状態のパスを前にたどれば、復号した送信情報系列 D を得ることができる。この場合は、図 4 に示す太い破線で示す状態 S_0 からのパスをたどればよいことになり、送信情報系列 $d = '00, 00, 00, 00'$ を得ることができる。この復号された送信情報系列 D をみるとわかるように、受信系列の誤りは訂正されて正しいデータが再生されていることがわかる。

【0032】なお、周期的に疊み込み符号器の状態が「00」となるような符号を疊み込み符号器に入力して

その符号シンボルを送信するようすれば、受信機において復号アルゴリズムが周期的に状態 S_0 に収束することを前提として復号することができるから、状態 S_0 に収束すべき時刻においては状態 S_1 および状態 S_3 より派生するパスは考えなくてもよいことになり、その時点で生き残りパスを絞り込むことができる。このような送信側においてあるブロックの入力ビットの後ろに付け加えて、状態を S_0 に収束するビットをテールビットと呼んでおり、疊み込み符号器の拘束長を K とすると、テールビット数は $(K-1)$ ビットで、その内容はオール「0」とされる。なお、上記説明したビタビ復号器においては、硬判定を行った場合の受信系列の復号について説明したが、軟判定を行った受信系列を復号する場合には、ある状態から 2 つの状態へ遷移する各パスのメトリック量は、前記図 3 (c) に示すような量子化されたメトリック量となり、各時刻における状態の累積メトリック量は、該当するパスの量子化されたメトリック量を累積した値となる。

【0033】ところで、上記した疊み込み符号器における符号化率 r は $1/2$ であり、1 ビットの入力に対して 2 シンボルの符号シンボルが出力されるため、伝送路帯域が比較的小さい場合には、不都合が生じる。このような場合に、符号化率を 1 に近づけることのできる柔軟な符号としてパンクチャド符号が知られている。パンクチャド符号化、およびその復号化の概要を図 5 を参照しながら説明する。図 5 において、速度 fb の入力ビット D_n が符号化率 $r = 1/2$ の疊み込み符号器 201 に入力されて疊み込み符号化され、速度 $2fb$ の符号シンボル Y_{nZn} とされる。この符号シンボル Y_{nZn} は、シンボル消去回路 202 に入力されて、 n シンボルの符号シンボル Y_{nZn} で構成される符号ブロック中の m シンボルが周期的に消去される。このシンボル消去回路 202 から出力される変調シンボル W_n がパンクチャド符号であり、その速度は $[2fb (n-m)/n]$ となる。

【0034】パンクチャド符号化された変調シンボル W_n は送信機から伝送路に送出されて、シンボル W_n' として受信機で受信される。受信機においてパンクチャド符号を復号する際には、ダミーシンボル挿入回路 203 において周期的に消去されたシンボルが挿入されて速度 $2fb$ の符号シンボル $Y_{n'Zn'}$ とされ、ついで符号化率 $r = 1/2$ のビタビ復号器 204 により復号されることにより、送信されたデータを再生することができる。この復号データ D_n の速度は fb となる。パンクチャド符号化を行うときに、1 ブロックを構成するシンボル数 n 、および、1 ブロックにおける消去シンボル数 m は種々選択することができ、任意の符号化率を得ることができる。

【0035】図 5 (b) にパンクチャド符号化する場合の消去シンボルの一例を示し、同図 (c) に符号化率に対する消去マップの図表を示す。図 5 (b) に示す例は、符号化率 $r = 1/2$ で符号化された符号化出力を、

符号化率 $r = 2/3$ のパンクチャド符号とする場合の消去シンボルを示している。ここでは1ブロックのシンボル数 n が4シンボルとされ、 \times を付記して図示しているように1ブロックの最後のシンボルが周期的に消去されている。これにより、符号化率 $r = 2/3$ のパンクチャド符号となる。なお、符号化率 $r = 2/3$ では、2ビットの入力ビット Dn に対して、3シンボルの符号シンボルが出力されることを示している。

【0036】このように、周期的に消去される消去シンボルの符号化率に応じた代表的な消去マップを同図

(c) に示すが、原符号は符号化率 $r = 1/2$ の疊み込み符号である。また、この消去マップでは、ブロック中で周期的に消去されるシンボルを「0」として示している。すなわち、ブロック中の「0」とされた位置のシンボルが消去されることになる。そして、受信機では、この消去された位置にダミーシンボルを挿入して元の符号化率 $r = 1/2$ のシンボル系列を得るようにしている。

【0037】次に、本発明に係る可変データレート通信装置において可変データレート信号を送信する本発明に係る可変データレート送信装置の概略的な構成を図6に示す。図6において、1はフレーム毎に入力されるデータレートに従って、送信データの各ブロックの送信タイミングの設定を行う送信タイミング設定部、2は送信データを記憶する入力バッファ、3はフレームの終わりに付加する前述したテールビットを発生するテールビット発生部、4は送信するデータ系列をフレーム毎に生成するフレームデータ生成部、5はフレームデータ生成部4から出力されるフレームを単位とするデータの疊み込み符号化を行う疊み込み符号器、6は疊み込み符号器5から出力される符号シンボルを、送信するデータレート毎に決められたシンボル消失あるいはシンボル分割を行うことによりパンクチャド符号化を行い変調シンボルを生成するシンボル生成部、7はシンボル生成部6から出力される変調シンボルにDPSKやQPSK等の変調を施す変調部である。

【0038】ところで、本発明の実施の形態における可変データレート通信装置におけるフレーム仕様は、たとえば図11に示すものとされている。図11に示すフレーム仕様に示すように使用可能なデータレート数の種類はレートA、レートB、レートCの3種類とされており、符号化率(r) $1/2$ 、拘束長(K) 7の疊み込み符号が使用される。符号化率 $1/2$ のレートAにおける図6に示す送信装置の動作を説明すると、レートAでは1フレーム当たりの情報ビット数が506ビットとされ、テールビット発生部3から発生されるオール「0」のテールビットが6ビットとされて、総計512ビットで構成されたフレームがフレームデータ生成部4により生成される。この512ビットの1フレームの情報ビットが疊み込み符号器5において疊み込み符号化(符号化率 $r = 1/2$)されることで、1フレーム1024シン

ボルの符号シンボルが生成される。また、レートAでは変調シンボル数と符号シンボル数は等しくそのシンボル数は共に1024シンボルとされる。すなわち、レートAではシンボル生成部6においてパンクチャド符号化は行われない。そして、1フレーム1024シンボルの変調シンボルに変調部7において、たとえばQPSK等の変調が施されて送信される。なお、6ビットのテールビットにより、符号化率 $r = 1/2$ 、拘束長 $K = 7$ の疊み込み符号器5の状態をオール「0」にすることができる。

【0039】また、符号化率 $3/4$ のレートBにおいてもレートAとほぼ同様の動作が行われるが、レートBでは1フレーム当たりの情報ビット数が762ビットとされ、オール「0」のテールビットが6ビットとされて、総計768ビットで1フレームが構成されてフレームデータ生成部4から出力される。この1フレーム768ビットの情報ビットが疊み込み符号器5において符号化率 $1/2$ で疊み込み符号化されることで1536シンボルの符号シンボルが生成される。レートBではこの1フレーム1536シンボルの符号シンボルに対して符号化率 $3/4$ となるようにシンボル生成部6でパンクチャド符号化される。このとき、1フレームで符号シンボル数は1536シンボル、変調シンボル数は1024シンボルとなる。

【0040】さらに、符号化率 $7/8$ のレートCでは1フレーム当たりの情報ビット数が890ビットとされ、オール「0」のテールビットが6ビットとされて、総計896ビットで1フレームが構成されてフレームデータ生成部4から出力される。この1フレーム896ビットの情報ビットが疊み込み符号器5において符号化率 $1/2$ で疊み込み符号化されることで1792シンボルの符号シンボルが生成される。レートCではこの1フレーム1792シンボルの符号シンボルに対して符号化率 $7/8$ となるようにシンボル生成部6においてパンクチャド符号化される。このとき、符号シンボル数は1792シンボル、変調シンボル数は1024シンボルとなる。

【0041】次に、可変データレート伝送を行う図6に示す送信装置の動作について説明する。図6に示した可変データレート送信装置の送信タイミング設定部1に符号化率 $1/2$ のレートAの送信データレートが入力されると、レートAのフレーム仕様に従って入力バッファ2から変調部7の各ブロックにタイミング信号が、送信タイミング設定部1から送られる。そして、入力バッファ2に506ビット分の情報ビットが入力されると、この情報ビットはフレームデータ生成部4に送られ、506ビット分の情報ビットの後にテールビット発生部3から出力される6ビットのオール「0」から成るテールビットが付加されて1フレーム分のデータが生成される。

【0042】生成された1フレーム分のデータは、疊み込み符号器5に供給されて疊み込み符号化される。疊み

込み符号器5では符号化率 $r = 1/2$ 、拘束長 $K = 7$ の畳み込み符号で畳み込み符号化される。この畳み込み符号の入力と出力をトレリス線図で表現すると、拘束長 K が7とされることから、状態数は 2^{K-1} 状態、すなわち64状態とされる。レートAの場合、パンクチャド符号化及びシンボル分割を行わないのでシンボル生成部6では何の処理も行われず符号シンボル数と同じ変調シンボル数1024シンボルが出力される。この変調シンボルが変調部7で変調されてレートAのフレームが送信信号として出力される。

【0043】符号化率1/2のレートAの送信データレートに統いて、送信タイミング設定部1に符号化率3/4のレートBの送信データレートが入力されると、レートBのフレーム仕様に従って入力バッファ2から変調部7の各ブロックにタイミング信号が、送信タイミング設定部1から送られる。そして、入力バッファ2に762ビット分の情報ビットが入力されると、この情報ビットはフレームデータ生成部4に送られ、762ビット分の情報ビットの後にテールビット発生部3から出力される6ビットのオール「0」から成るテールビットが付加されてレートBの1フレーム分のデータが生成される。生成された1フレーム分のデータは、畳み込み符号器5に供給されて畳み込み符号化される。畳み込み符号器5では符号化率1/2、拘束長7の畳み込み符号で畳み込み符号化される。ついで、レートBの場合、符号化率が3/4となるようにパンクチャド符号化がシンボル生成部6で行われ、1536シンボルの符号シンボル数が1024シンボルの変調シンボル数とされる。この1フレーム1024シンボルの変調シンボルが変調部7で変調されてレートBのフレームが送信信号として出力される。

【0044】さらに、符号化率3/4のレートBの送信データレートに統いて、送信タイミング設定部1に符号化率7/8のレートCの送信データレートが入力されると、上記と同様の処理が繰り返されるが、入力バッファ2からは890ビット分の情報ビットがフレームデータ生成部4に送られ、890ビット分の情報ビットの後にテールビット発生部3から出力される6ビットのオール「0」から成るテールビットが付加されてレートCの1フレーム分のデータが生成される。そして、畳み込み符号器5において畳み込み符号化され、符号化率が7/8となるようにパンクチャド符号化がシンボル生成部6で行われ、1792シンボルの符号化シンボル数が1024シンボルの変調シンボル数とされる。この1フレーム1024シンボルの変調シンボルが変調部7で変調されてレートCのフレームが送信信号として出力される。

【0045】上記した処理が送信タイミング設定部1に入力された送信データレートに応じて行われ、たとえば、フレーム1はレートA、フレーム2はレートB、フレーム3はレートC、フレーム4はレートB...と指定された場合は、送信データは、入力バッファ2にレー

トAの506ビット入力後、レートBの762ビット、レートCの890ビット、レートBの762ビットのデータとそれぞれのデータレートの送信データが順次入力され、上記説明した処理をレート毎に行う。このときの送信信号は、図9(a)に示すようになる。

【0046】次に、本発明に係る可変データレート通信装置において可変データレート信号を受信する本発明に係る可変データレート受信装置の概略的な構成を図7に示す。図7において、101は受信信号の軟判定復調を行なう復調部、102は復調部101から出力される軟判定復調シンボルをフレーム単位で記憶するシンボル・バッファ、103はシンボル・バッファ102から入力される復調シンボルを、送信された可能性があるすべてのデータレートでビタビアルゴリズムにより最尤復号化を行なうビタビ復号器、104はビタビ復号器103から出力される復号データレート及び復号ビットカウント数等の復号器内部情報と、フレーム毎の復号時に復号データを再符号化し復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数の平均値及び最尤パスのバスメトリック量の平均値等のレート判定パラメータからレート判定を行い判定されたデータレートが存在する場合、復号データレート及び復号ビットカウント数等の復号器制御情報を出力し、レート判定不能の場合レート判定不能情報の出を行なうデータレート判定部である。

【0047】また、105はデータレート判定部104から出力される復号器制御情報における復号データレートのタイミングに従ってビタビ復号器103から最尤パスのバスメトリック量、バスメモリ長分のステート(状態)毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報のそれぞれの情報の書き込みまたは読み出しを復号器制御情報に従って行なう復号状態記憶部、106はデータレート判定部104から出力される復号器制御情報に従ってビタビ復号器103から出力される復号データの書き込みと、判定されたデータレートで復号された復号データの出を行なう復号データ記憶部である。

【0048】次に、データレート判定部104の概略的な構成を図8に示す。図8において、111はビタビ復号器103から出力されるフレーム毎の復号データを再符号化し、復調部101で復調された復調シンボルと比較することにより得られた、シンボル誤り数平均値及び最尤パスのバスメトリック量平均値等のレート判定パラメータが記憶されるレート判定パラメータ記憶部、112は送信された可能性のあるすべてのデータレートについてレート判定パラメータの閾値を設定する閾値設定部、113はレート判定パラメータ記憶部111から出力されるレート判定パラメータと閾値設定部112から出力される判定閾値との比較を行なう比較部、114は比較部113から出力される比較結果に基づいて送信された可能性があるデータレートを判定して判定データレートを復号器制御部115に送り、レート判定不能の場合

レート判定不能情報を出力するレート判定部、115はビタビ復号器103から出力される復号データレート、及び復号ビットカウント数等の復号器内部情報と、レート判定部114から出力される判定データレートとに従って復号器で復号する復号データレート及び復号ビットカウント数等の復号器制御情報を設定する復号器制御部である。

【0049】次に、以上のように構成された可変データレート受信装置のレート判定の動作を、図13に示すレート判定仕様1に従って1フレームで1回行う例について説明するが、ここでは、前記図9(a)に示すように、フレーム1からフレーム4のデータレートがそれぞれレートA、レートB、レートC、レートDとされている送信信号を受信した場合の動作を説明するものとする。受信されたフレーム1の変調シンボルが、図7に示す復調部101に入力されて軟判定復調が行われ、軟判定復調された変調シンボルはシンボルバッファ102に記憶される。シンボルバッファ102では1フレーム分の変調シンボル数1024シンボルが入力された後、ビタビ復号器103に軟判定復調された変調シンボルを順次出力する。ビタビ復号器103ではビタビアルゴリズムによる復号を、図13に示すレート判定ビット数について行う。すなわち、レートA、レートB、レートCの順にそれぞれ256ビット、384ビット、448ビット分行い、それぞれのビット数分のビタビ復号終了後、最尤パスのパスメトリック量、バスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報等の復号状態を復号状態記憶部105に書き込む。さらに、フレーム毎の復号時に復号データを再符号化し、復調部101から出力される復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数平均値及び最尤パスのパスメトリック量平均値等のレート判定パラメータ及び復号を行ったデータレートと復号ビット数等の復号器内部情報をデータレート判定部104に出力する。

【0050】データレート判定部104では、レート判定パラメータをレート判定パラメータ記憶部111に記憶し復号器内部情報を復号器制御部115に送る。そして、復号器制御部115では4データレート分の復号器内部情報が入力された後、レート判定パラメータ記憶部111から3データレート分のレート判定パラメータを比較部113に送ると共に、閾値設定部112から3データレート分の判定閾値を比較部113に送る。この比較部113に入力された両者の比較結果は、レート判定部114に送られる。図13に示すレート判定仕様1では1フレームにおいてレート判定回数は1回とされているので、レート判定部114では比較結果から最も送信された可能性の高いデータレートを判定して復号器制御部115に送り、復号器制御部115は判定されたデータレートに基く復号データレート、および、復号タイミングを生成し復号器制御情報として出力する。

【0051】ここで、図9(b)に示すようにレート判定が行われたとする。すなわち、フレーム1ではレートAが最も送信された可能性が高いデータレートとして判定されたので、上述のデータレート判定によりデータレート判定部104からレートAの復号器制御情報がビタビ復号器103、復号状態記憶部105、復号データ記憶部106に出力される。すると、復号状態記憶部105はレートAの最尤パスのパスメトリック量、バスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報をビタビ復号器103に読み出してビタビ復号器103内部状態をレートAの256ビット復号直後の状態に再設定し、1フレームの残る257ビット目から512ビットまでの復号を行う。

【0052】復号された復号データは復号データ記憶部106に送られ、復号データ記憶部106では1ビット目から256ビットまでのレートAの復号データの後に、257ビット目から512ビットまでの復号データを付け加えて、1フレーム分のデータとして出力する。上記復号動作が順次フレーム2からフレーム4についても行われることにより、フレーム2ではレートB、フレーム3ではレートC、フレーム4ではレートDと順次判定され、それぞれのレートの復号データが復号データ記憶部106から出力される。

【0053】次に、図14に示すレート判定仕様2に従って、レート判定をフレーム毎に最大3回行う動作例を説明する。この場合、図10(a)に示すように、フレーム1ないしフレーム4のデータレートがレートAないしレートCとされている送信信号を受信した場合とされ、その復号動作を図10(b)に示す復号タイミングチャートを参照しながら説明する。受信されたフレーム1の変調シンボルが、図7に示す復調部101に入力されて軟判定復調が行われ、軟判定復調された変調シンボルはシンボルバッファ102に記憶される。シンボルバッファ102では1フレーム分の変調シンボル数1024シンボルが入力された後、ビタビ復号器103に軟判定復調された変調シンボルを順次出力する。ビタビ復号器103ではビタビアルゴリズムによる復号を、図14に示す各データレートのレート判定ビット数について行う。

【0054】すなわち、レート判定1の仕様に従ってレートA、レートB、レートCの順にそれぞれ192ビット、288ビット、336ビット分行い、それぞれのビット数分のビタビ復号終了後、最尤パスのパスメトリック量、バスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報等の復号状態を復号状態記憶部105に書き込む。さらに、フレーム毎の復号時に復号データを再符号化し、復調部101から出力される復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数平均値及び最尤パスのパスメトリック量平均値等のレート判定パラメータ及び復号を行ったデータレートと復号ビット数

等の復号器内部情報をデータレート判定部104に出力する。この結果、フレーム1におけるレート判定1では、レートAのデータレートで送信されている可能性が低いと判定されて、データレート判定部104からレートBとレートCの復号器制御情報がビタビ復号器103、復号状態記憶部105、復号データ記憶部106に出力される。

【0055】これにより、レートBとレートCによるレート判定2が引き続いて行われる。すなわち、復号状態記憶部105はレートBの最尤パスのパスメトリック量、パスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報をビタビ復号器103に読み出してビタビ復号器103内部状態をレートBの288ビット復号直後の状態に再設定して、289ビット目から576ビットまでのレートBの復号を行う。ついで、レートCの最尤パスのパスメトリック量、パスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報をビタビ復号器103に読み出してビタビ復号器103内部状態をレートCの336ビット復号直後の状態に再設定して、337ビット目から672ビットまでについてレートCの復号を行う。

【0056】そして、それぞれのビット数分の復号終了後、最尤パスのパスメトリック量、パスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報を復号状態記憶部105に書き込み、フレーム毎の復号時に復号データを再符号化し復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数平均値及び最尤パスのパスメトリック量平均値等のレート判定パラメータ、及び復号を行ったデータレートと復号ビット数等の復号器内部情報をデータレート判定部104に出力する。データレート判定部104では、与えられた情報に基づいてレートBとレートCについていずれのデータレートで送信された可能性が高いかのレート判定が行われ、図10(b)に示すように、フレーム1では2回目のレート判定2でレートCが最も送信された可能性が高いデータレートとして判定される。

【0057】この判定に基づいて、データレート判定部104からレートCの復号器制御情報がビタビ復号器103、復号状態記憶部105、復号データ記憶部106に出力される。そして、復号状態記憶部105はレートCの最尤パスのパスメトリック量、パスメモリ長分のステート毎のプランチ・メトリック量、ステート遷移情報をビタビ復号器103に読み出してビタビ復号器103内部状態をレートCの672ビット復号直後の状態に再設定し、673ビット目から896ビットまでの復号を行う。この復号データは、復号データ記憶部106に送られ、復号データ記憶部106では1ビット目から672ビットまでのレートCの復号データの後に673ビット目から896ビットまでの復号データを付け加えて、1フレーム分のデータとして出力する。

【0058】フレーム1の復号動作が終了すると、上記した復号動作がフレーム2についても行われ、フレーム2では前記したレート判定1およびレート判定2により最も送信された可能性の高いデータレートとしてレートAが判定され、レートAの復号データが復号データ記憶部106から出力される。また、フレーム2の復号が終了するとフレーム3の復号動作が行われるが、フレーム3では、2回目のレート判定2を行ってもレート判定閾値内のデータレートがレートB、レートCと2つ残るようになる。この場合は、レートBとレートCにおける3回目のレート判定3が行われ、レート判定3によりレートBがもっとも送信された可能性が高いデータレートとして判定される。したがって、レートBの1フレームの復号データが復号データ記憶部106から出力されるようになる。さらに、フレーム4では、1回目のレート判定においてレート判定閾値内のレートが存在しないため、レート判定不能とされ、データレート判定部104からレート判定不能情報が出力される。この場合は、以降のレート判定動作は行わない。

【0059】次に、レート判定パラメータの1つである復号データを再符号化し復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数を得るための構成を示す回路ブロック例を図15に示す。図15において、復調部により復調された復調シンボルは、ビタビ復号器120においてビタビアルゴリズムによる復号が行われ復号データが出力される。この復号データは、エンコーダ121に供給されて送信装置と同じ符号化率、および拘束長の組み込み符号に符号化される。エンコーダ121から出力される符号化されたパラレルのシンボルは、パラレル・シリアル(P/S)変換器122によりシリアルデータに変換されて不一致検出器123に供給される。また、復調シンボルは遅延手段124でビタビ復号器120ないしP/S変換器122の動作遅延時間分だけ遅延されて、P/S変換器122から出力されるシンボルと、復号シンボルとが同時刻となるようにされて、不一致検出器123に供給される。

【0060】不一致検出器123では、入力される両シンボルの不一致が検出されて、シンボル誤り数情報が出力される。たとえば、P/S変換器122から出力されるシンボルが「00100011」とされ、復調シンボルが「01000011」とされた場合は、2番目と3番目のシンボルが不一致となるので、シンボル誤り数として「2」の情報が不一致検出器123から出力されるようになる。また、パンクチャド符号化による消失シンボルは不一致の検出を行わないようにする。

【0061】ところで、送信可能な任意のデータレートで送信信号を復号したときの各データレートにおける最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)対シンボル誤り数平均値(symbol error)のシミュレーション結果の分布を図16ないし図18に示す。図16(a)

は、フレーム数が10678フレーム、ビットエラーレート(BER)が約 10^{-5} 、送信装置の符号化率 $r = 1/2$ (データレート $r = 1/2$)、ビタビ復号器の復号データレート $r = 1/2$ とされた場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示している。また、同図(b)はビタビ復号器の復号データレート r を $3/4$ とした場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示しており、同図(c)はビタビ復号器の復号データレート r を $7/8$ とした場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示している。

【0062】図16(a)ないし(c)に示す最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を観察すると、送信装置のデータレート($1/2$)と復号データレート($1/2$)とが一致している場合(図16(a)参照)は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値の分散はそれぞれ小さくなるが、送信装置のデータレートと復号データレートとが不一致の場合は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値のそれぞれの分散が大きくなることがわかる。これをを利用して、図19に示すようにシンボル誤り数平均値が T_{sym1} 以下で、かつ、最尤パスのパスメトリック量平均値が T_{pm1} 以下の範囲を、そのときの復号データレートが、最も送信された可能性の高いデータレートと判定する範囲Aとし、シンボル誤り数平均値が T_{sym2} 以上で、かつ、最尤パスのパスメトリック量平均値が T_{pm2} 以上の範囲Bを、そのときの復号データレートが、送信された可能性が低いデータレートと判定する範囲Bとする。このような判定をデータレート判定部104に行わせている。

【0063】すなわち、図8に示すデータレート判定部のプロック図において、符号化率 $1/2$ のレートAの判定を行うときは閾値設定部112には範囲Aの閾値である、シンボル誤り数平均値 T_{sym1} と、最尤パスのパスメトリック量平均値 T_{pm1} 、および範囲Bの閾値であるシンボル誤り数平均値 T_{sym2} と、最尤パスのパスメトリック量平均値 T_{pm2} とが設定される。これらの設定された閾値と、レート判定パラメータ記憶部111に書き込まれているレート判定パラメータ中のシンボル誤り数平均値、および、最尤パスのパスメトリック量平均値とを比較部113において比較してその比較結果がレート判定部114に出力される。レート判定部114は受けた比較結果が、範囲A内であれば、送信されたデータレートがレートA(符号化率 $1/2$)であると判定し、範囲Bに属する場合は、データレートがレートA(符号化率 $1/2$)で送信された可能性が低いと判定する。

【0064】図17(a)は、フレーム数が10678

フレーム、ビットエラーレート(BER)が約 10^{-5} 、送信装置の符号化率 $r = 3/4$ (データレート $r = 3/4$)、ビタビ復号器の復号データレート $r = 1/2$ とされた場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示している。また、同図(b)はビタビ復号器の復号データレート r を $3/4$ とした場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示しており、同図(c)はビタビ復号器の復号データレート r を $7/8$ とした場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示している。

【0065】図17(a)ないし(c)に示す最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を観察すると、送信装置のデータレート($3/4$)と復号データレート(符号化率 $3/4$)とが一致している場合(図17(a)参照)は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値の分散はそれぞれ小さくなるが、送信装置のデータレートと復号データレートとが不一致の場合は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値の分散が大きくなることがわかる。従って、図17(b)に示す分布の範囲のみを範囲Aとして設定する閾値と、図17(a)と同図(c)示す分布の範囲を範囲Bとして設定する閾値とを閾値設定部112に設定することにより、比較結果が範囲A内であればデータレートがレートB(符号化率 $3/4$)で送信されたと判定し、範囲Bに属する場合はデータレートがレートB(符号化率 $3/4$)で送信された可能性が低いと判定することができる。

【0066】図18(a)は、フレーム数が10678フレーム、ビットエラーレート(BER)が約 10^{-5} 、送信装置の符号化率 $r = 7/8$ (データレート $r = 7/8$)、ビタビ復号器の復号データレート $r = 1/2$ とされた場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示している。また、同図(b)はビタビ復号器の復号データレート r を $3/4$ とした場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示しており、同図(c)はビタビ復号器の復号データレート r を $7/8$ とした場合の最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を示している。

【0067】図18(a)ないし(c)に示す最尤パスのパスメトリック量平均値(path metric)とシンボル誤り数平均値(symbol error)との分布を観察すると、送信装置のデータレート(符号化率 $7/8$)と復号データレート(符号化率 $7/8$)とが一致している場合(図18(a)参照)は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値の分散はそれぞれ小さくなるが、送信装置のデータレートと復号データレートとが不一致の場合は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値の分散が大きくなることがわかる。従って、図18(b)に示す分布の範囲のみを範囲Aとして設定する閾値と、図18(a)と同図(c)示す分布の範囲を範囲Bとして設定する閾値とを閾値設定部112に設定することにより、比較結果が範囲A内であればデータレートがレートB(符号化率 $7/8$)で送信されたと判定し、範囲Bに属する場合はデータレートがレートB(符号化率 $7/8$)で送信された可能性が低いと判定することができる。

8 (c) 参照) は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値の分散はそれぞれ小さくなるが、送信装置のデータレートと復号データレートとが不一致の場合は、シンボル誤り数平均値および最尤パスのパスメトリック量平均値のそれぞれの分散が大きくなることがわかる。従って、図18 (c) に示す分布の範囲のみを範囲Aとして設定する閾値と、図18 (a) と同図 (b) 示す分布の範囲を範囲Bとして設定する閾値とを閾値設定部112に設定することにより、比較結果が範囲A内であればデータレートがレートC (符号化率7/8) で送信されたと判定し、範囲Bに属する場合はデータレートがレートC (符号化率7/8) で送信された可能性が低いと判定することができる。

【0068】ところで、3種類のデータレートの内の1つのデータレートを選択して畳み込み符号化し、ビタビ復号したときの最尤パスのパスメトリック量平均値と、復号時に復号データを再符号化し復調シンボルと比較して得られるシンボル誤り数は、正しいレートで復号する場合においても、回線品質が良くなるに従って小さな値をとるようになる。しかし、誤ったレートで復号する場合のそれぞれの値は、回線品質にかかわらずほぼ一定の大きな値をとるようになる。

【0069】図20に符号化率1/2のときのフレーム当たりのデータビット数が128ビットで符号化率 $r = 1/2$ 、 $r = 3/4$ 、 $r = 7/8$ とされ、それぞれのフレーム当たりの変調シンボル数を等しく設定する場合、上記レート判定原理に従ってレート判定を行ったときの3種類のデータレートそれぞれのフレーム誤り率特性1と、レート判定誤り率特性1の計算機シミュレーション結果を示す。また、図21に符号化率1/2のときのフレーム当たりのデータビット数が256ビットとされた場合、同様に上記レート判定原理に従ってレート判定を行ったときの3種類のデータレートそれぞれのフレーム誤り率特性2とレート判定誤り率特性2の計算機シミュレーション結果を示す。

【0070】図20、図21に示す特性は、ともに白色ガウス雑音下での1ビット当たりのエネルギー/雑音電力密度 (E_b/N_0) 対誤り率特性を示しており、フレーム誤り率は実線で示され、レート判定誤り率は破線で示されている。一般的に、レート判定誤り率がフレーム誤り率より低い場合、レート判定誤りが通信品質劣化の要因となる可能性が低くなる。従って、通信品質がフレーム誤り率に支配される範囲内で復号を行うことが好適となる。さらに、図20に示す特性より図21に示す特性の方が、劣化している E_b/N_0 においてレート判定誤り率がフレーム誤り率より低くなっていることから、判定に必要なビット数が多いほどレート判定誤り率の特性がよくなることがわかる。また、レート判定をなるべくビット数を少なくして行うと共に、データレート候補を少なくすることが1フレーム当たりの復号に要する信

号処理量を軽減することができる。

【0071】これらのことから、 E_b/N_0 が高く回線品質のよい通信チャンネルではレート判定ビット数を少なくすると共に、データレート候補を少ない判定回数で絞り込むことが、1フレーム当たりの復号に要する信号処理量を軽減するには有効な手法となる。これに対して、フェージングチャンネルのように回線品質が変動する通信チャンネルでは回線品質に応じてレート判定ビット数あるいはレート判定閾値を適応的に変えることが、1フレーム当たりの復号に要する信号処理量を軽減するには有効な手法となる。

【0072】

【発明の効果】本発明の可変データレート通信装置は、以上のように構成されているので、回線品質のよい通信チャンネルではフレーム毎にレート判定ビット数を少なくして1回のレート判定で送信可能なすべてのデータレートの中から送信された可能性の最も高いデータレートを判定し、判定後は1データレートのみ復号を行うことにより信号処理量を大幅に軽減することができるようになる。従って、高速のデータレートで通信を行うことが可能となる。また、フェージングチャンネルのように回線品質が変動する通信チャンネルでは回線品質に応じてレート判定ビット数あるいはレート判定閾値を適応的に変えることにより通信品質を保持しつつ信号処理量を軽減することができるようになる。

【0073】また、本発明の可変データレート通信装置は、レート判定不能の判定をすることでき、レート判定不能の場合は、レート判定が正しく行われたとしても復号誤りが発生している確率が高くなり、通信品質を保証することができない。そこで、以降の復号を行なわなわず、レート判定不能情報を出力することにより全体の信号処理量を軽減するようにしている。

【図面の簡単な説明】

【図1】畳み込み符号器の構成の一例を示すブロック図、畳み込み符号器の入力ビットと符号シンボルと状態との関係を示す図表、および、畳み込み符号器の状態遷移図である。

【図2】畳み込み符号器のトレリス線図の一例を示す図である。

【図3】軟判定を行う構成の一例を示すブロック図、および、軟判定を説明するための図である。

【図4】ビタビ復号器における復号アルゴリズムを示すためのトレリス線図である。

【図5】パンクチャド符号化を行う構成、および、パンクチャド符号を復号する構成の一例、および、パンクチャド符号を説明するための図である。

【図6】本発明の可変データレート通信装置に係る可変データレート送信装置の概略的な構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の可変データレート通信装置に係る可変

データレート受信装置の概略的な構成を示すブロック図である。

【図 8】本発明の可変データレート受信装置におけるデータレート判定部の概略的な構成を示す図である。

【図 9】本発明の可変データレート通信装置における可変データレート伝送例 1 を示す図、および、復号タイミングチャート例 1 を示す図である。

【図 10】本発明の可変データレート通信装置における可変データレート伝送例 2 を示す図、および、復号タイミングチャート例 2 を示す図である。

【図 11】本発明の可変データレート通信装置におけるフレーム仕様を示す図表である。

【図 12】本発明の可変データレート通信装置におけるレート判定例を示す図表である。

【図 13】本発明の可変データレート通信装置におけるレート判定仕様 1 を示す図表である。

【図 14】本発明の可変データレート通信装置におけるレート判定仕様 2 を示す図表である。

【図 15】本発明の可変データレート通信装置におけるレート判定パラメータのうちのシンボル誤り数情報を得るための構成例を示すブロック図である。

【図 16】本発明の可変データレート通信装置において、符号化率 $1/2$ の送信信号を 3 種類のデータレートで復号したときの最尤パスのパスメトリック量平均値対シンボル誤り数平均値の分布を示す図である。

【図 17】本発明の可変データレート通信装置において、符号化率 $3/4$ の送信信号を 3 種類のデータレートで復号したときの最尤パスのパスメトリック量平均値対シンボル誤り数平均値の分布を示す図である。

【図 18】本発明の可変データレート通信装置において、符号化率 $7/8$ の送信信号を 3 種類のデータレートで復号したときの最尤パスのパスメトリック量平均値対シンボル誤り数平均値の分布を示す図である。

【図 19】本発明の可変データレート通信装置におけるレート判定閾値の設定例を示す図である。

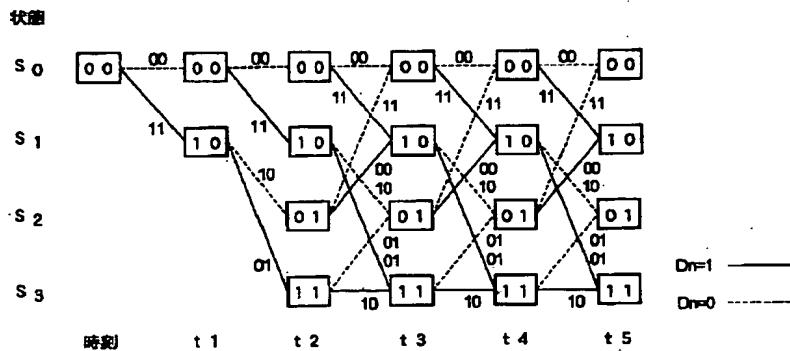
【図 20】 E_b/N_0 対データレート $1/2, 3/4, 7/8$ のデータレートのフレーム誤り率、レート判定誤り率特性 1 を示す図である。

【図 21】 E_b/N_0 対データレート $1/2, 3/4, 7/8$ のフレーム誤り率、レート判定誤り率特性 2 を示す図である。

【符号の説明】

- 1 送信タイミング設定部
- 2 入力バッファ
- 3 テールビット発生部
- 4 フレームデータ生成部
- 5 叠み込み符号器
- 6 シンボル生成部
- 7 変調部
- 101 復調部
- 102 シンボルバッファ
- 103 ビタビ復号器
- 104 データレート判定部
- 105 復号状態記憶部
- 106 復号データ記憶部
- 111 レート判定パラメータ記憶部
- 112 閾値設定部
- 113 比較部
- 114 データレート判定部
- 115 復号器制御部
- 116 送信タイミング設定部
- 120 ビタビ復号器
- 121 エンコーダ
- 122 P/S 変換器
- 123 不一致検出器
- 124 遅延手段
- 201 叠み込み符号器
- 202 シンボル消去回路
- 203 ダミーシンボル挿入回路
- 204 ビタビ復号器

【図 2】

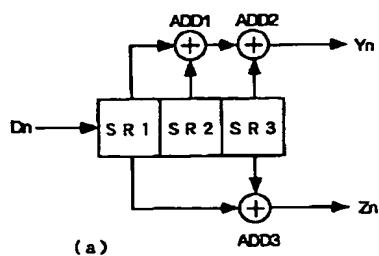


【図 12】

判定パラメータ			判定値
$r=1/2$	$r=3/4$	$r=7/8$	
A	B	B	$r=1/2$
B	A	B	$r=3/4$
B	B	A	$r=7/8$

レート判定例

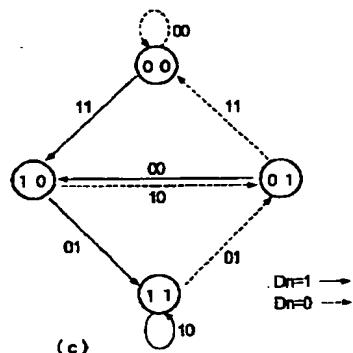
【図1】



(a)

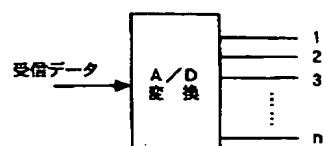
Dn	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0
YnZn	00	11	10	11	11	01	01	00	10	00	10	11
SR1SR2	00	10	01	00	10	11	01	10	01	10	01	00

(b)

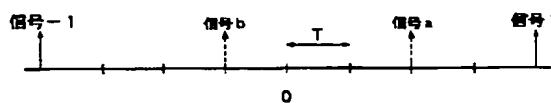


(c)

【図3】



(a)



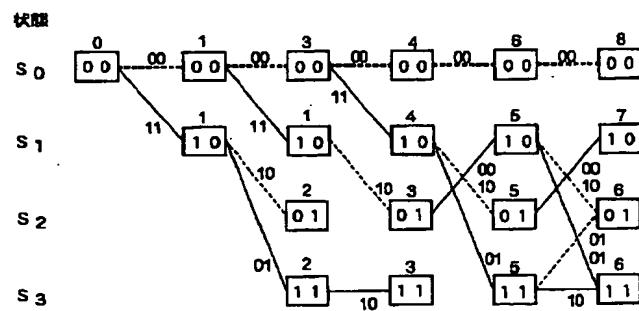
(b)

符号1に対するメトリック	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7
符号0に対するメトリック	7	5	3	1	-1	-3	-5	-7

(c)

【図11】

【図4】



受信系列= (01, 00, 10, 00, 00)

フレーム	符号化率	フレーム当たりのビット数	符号シンボル数	変調シンボル数
A	1/2	5 0 6	6	1 0 2 4
B	3/4	7 6 2	6	1 5 3 6
C	7/8	8 9 0	6	1 7 9 2

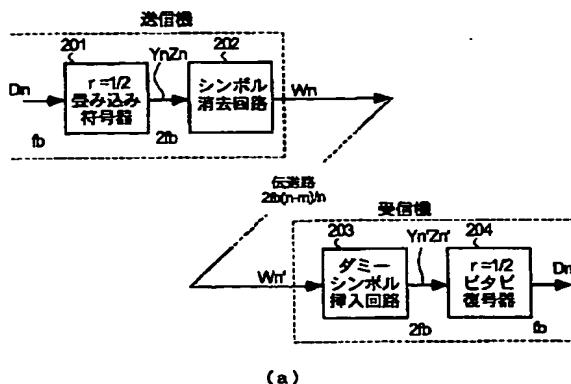
フレーム仕様

【図13】

フレーム	レート制定ビット数	(変調シンボル数)
A	2 5 6	(5 1 2)
B	3 8 4	(5 1 2)
C	4 4 8	(5 1 2)

レート制定仕様1

【図5】



(a)

入力	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
符号化出力	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12
消去マップ	Z1	☒	Z3	☒	Z5	☒	Z7	☒	Z9	☒	Z11	☒

(b)

符号化率	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8	8/9
消去マップ	1 1	1 1 1 0	1 1 1 0 0 1	1 1 1 0 0 1 1 0	1 1 1 0 0 1 1 0 0 1	1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1	1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1	1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1

(c)

【図14】

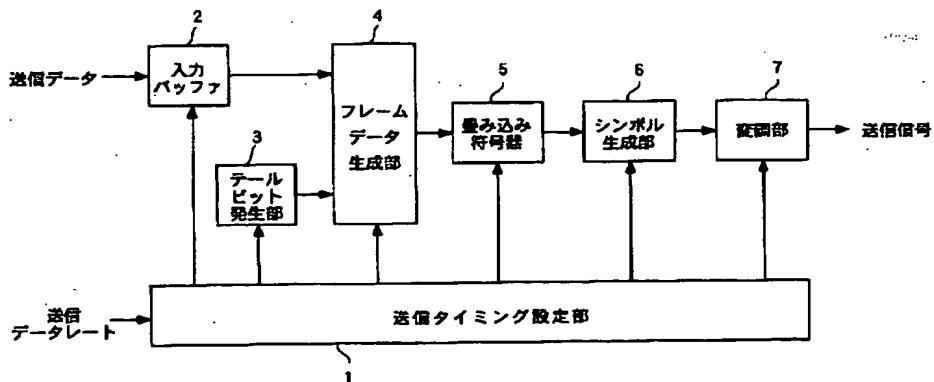
フレーム	レート判定 1	
	レート判定 ビット数	(誤認 シンボル数)
A	192	(384)
B	288	(384)
C	336	(384)

フレーム	レート判定 2	
	レート判定 ビット数	(誤認 シンボル数)
A	384	(768)
B	576	(768)
C	672	(768)

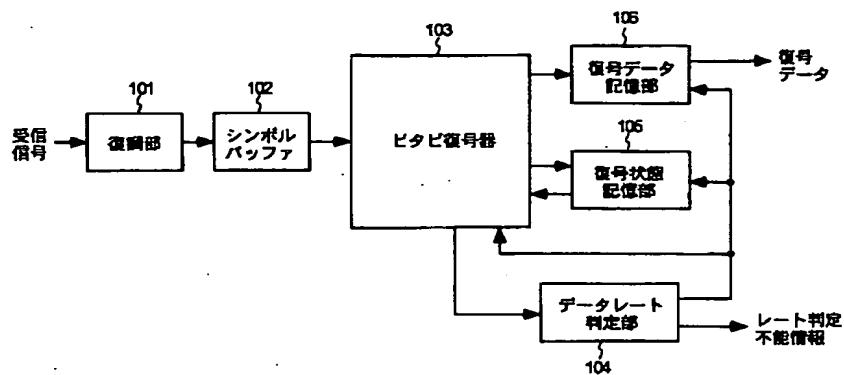
フレーム	レート判定 3	
	レート判定 ビット数	(誤認 シンボル数)
A	512	(1024)
B	768	(1024)
C	896	(1024)

フレーム判定仕様 2

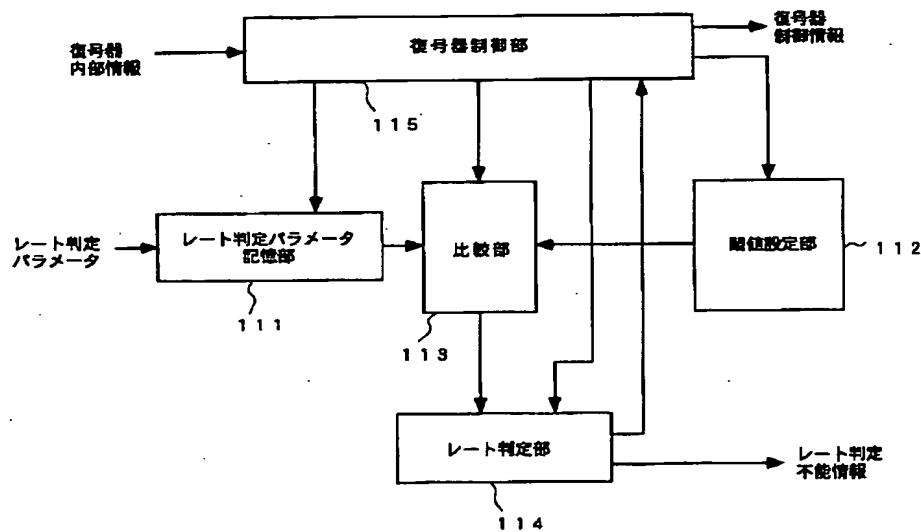
【図6】



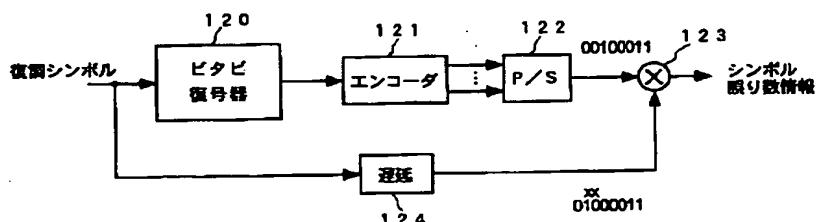
【図7】



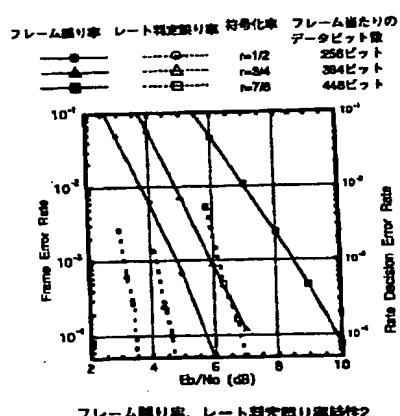
【図8】



【図15】



【図21】



【図9】

フレーム1	フレーム2	フレーム3	フレーム4
送信 レートA	レートB	レートC	レートB

(a)

フレーム1	フレーム2	フレーム3	フレーム4
レートA番号 (1~256ビット) レートB番号 (1~384ビット) レートC番号 (1~448ビット)	レートA番号 (257~512ビット) レートB番号 (1~384ビット) レートC番号 (1~448ビット)	レートA番号 (1~256ビット) レートB番号 (1~384ビット) レートC番号 (1~448ビット)	レートA番号 (1~256ビット) レートB番号 (1~384ビット) レートC番号 (1~448ビット)
データレート判定	データレート判定	データレート判定	データレート判定

(b)

【図10】

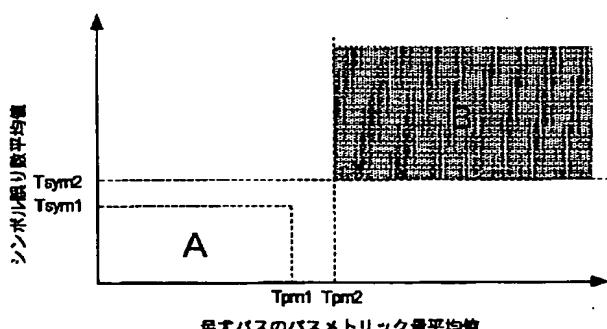
フレーム1	フレーム2	フレーム3	フレーム4
送信 レートC	レートA	レートB	レートA

(a)

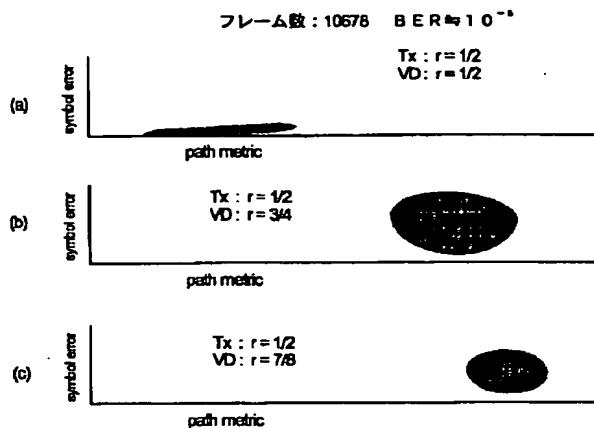
フレーム1	フレーム2	フレーム3	フレーム4
レートA番号 (1~192ビット)	レートA番号 (1~192ビット) レートB番号 (1~288ビット) レートC番号 (1~336ビット)	レートA番号 (1~192ビット) レートB番号 (1~288ビット) レートC番号 (1~336ビット)	レートA番号 (1~192ビット)
レートB判定1 レート判定2	レート判定1 レート判定2	レート判定1 レート判定2	レート判定1 レート判定2 レート判定3

(b)

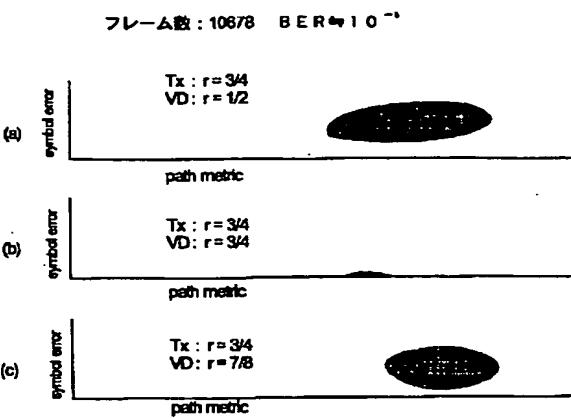
【図19】



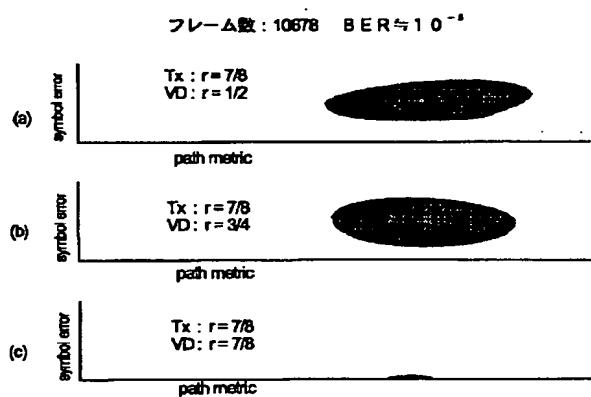
【図16】



【図17】



【図18】



【図20】

